

УДК 621.73.06-52

Филиппов Ю. К.  
Рагулин А. В.  
Крутина Е. В.  
Молодов А. В.  
Тишкин И. А.  
Игнатенко В. И.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ЗАРЯДА»

В современном машиностроении гражданского и военного значения большое количество деталей получают наиболее прогрессивным способом пластической обработки – холодной объемной штамповкой и, в том числе, выдавливанием и высадкой.

Технологические процессы холодного выдавливания различных деталей отличаются высокой эффективностью [1–3]. Холодная объемная штамповка позволяет получать высокую точность деталей и хорошее качество поверхности, повысить надежность, износостойкость и долговечность деталей, снизить трудоемкость их изготовления и повысить производительность труда.

Внимание ученых и исследователей уделено теоретическому и экспериментальному определению зависимости силы при основных формоизменяющих операциях (осадке, высадке, боковом, прямом и обратном выдавливании) от деформации, профиля рабочей части инструмента и условий на контакте, а также изучению напряженного состояния [4, 5]. Также актуальным в настоящее время является разработка прогрессивных технологических процессов с учетом качества получаемых изделий.

В настоящее время существует большая потребность в изготовлении различных полых деталей типа втулок, корпусов, стаканов, которые используются при изготовлении широкого ряда машин, механизмов и сложных сборочных изделий. Одним из представителей таких деталей является корпус кумулятивного заряда. Потребность в деталях такого типа значительна, а снижение затрат на их изготовление позволит удешевить конечное изделие. В связи с этим разработка новых ресурсосберегающих технологий изготовления деталей такого типа является актуальной.

Целью данной работы является разработка и исследование процесса комбинированного выдавливания заготовки «корпус кумулятивного заряда» (рис. 1).

При существующей технологии изготовления данная деталь получается механической обработкой резанием на станках с ЧПУ. Такая технология приводит к чрезмерному расходу металла (более 50 %) и увеличению времени на изготовление готового изделия.

Чертеж корпуса кумулятивного заряда представляет собой полый полусферический корпус с внутренним конусом. Наружные и внутренние размеры соответствуют допускам класса точности H14, js14 по ГОСТ 25347-82. С наружной стороны в нижней части полусферы имеется полая стержневая часть с кольцевой проточкой. С внутренней стороны выполнен конус с углом  $\alpha = 35^\circ$ .

Для разработки чертежей штампованных деталей приняты основные формоизменяющие операции – обратное, прямое и комбинированное выдавливание. С применением этих операций связаны особенности конструкции штампованных заготовок:

– образование «перемычки» в средней части высоты (длины) заготовки во внутренней полости на предварительном переходе штамповки для оптимального перераспределения металла на заключительном переходе при получении сферической поверхности и стержневой части;



Основными задачами численного исследования комбинированного выдавливания являются:

1) исследование влияния размеров исходного образца на течение металла при выдавливании сферической части детали с образованием ступеньки на внешней поверхности и конусной части на внутренней поверхности детали;

2) исследование влияния геометрии пуансона и матрицы на течение металла при обратном и комбинированном выдавливании.

Численное исследование процесса комбинированного выдавливания выполнено в конечно-элементной системе QForm-2D.

На рис. 2 демонстрируется исследование процесса обратного и комбинированного выдавливания металла.

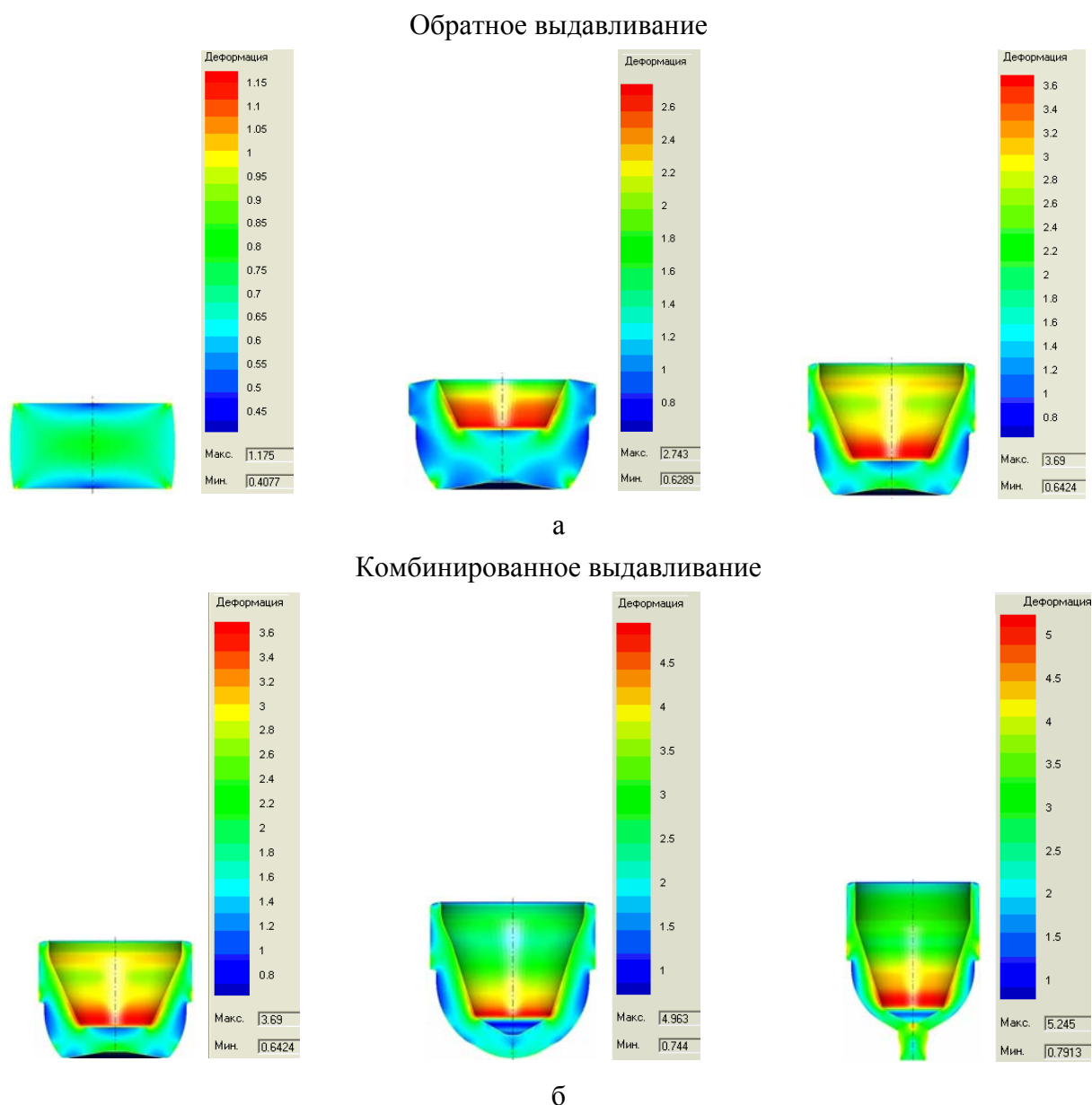


Рис. 2. Моделирование процесса получения детали «корпус кумулятивного заряда» в конечно-элементной системе QForm-2D:

а – предварительный формоизменяющий переход; б – на окончательном переходе формируются внутренняя полость, наружная и стержневая часть заготовки

Определяющими для выбора технологического процесса являются величины деформации различных участков получаемой детали, жестко связанной с механическими характеристиками применяемого материала.

На виртуальных моделях, приведенных на рис. 2, видно, что в процессе выдавливания наблюдается течение металла, как в обратном, так и в прямом направлении. Оптимальным на данном переходе является неполное заполнение стержневой части заготовки одновременно с конечным формированием внутренней полости. Для достижения наилучшего формообразования было промоделировано несколько вариантов формы пуансона и матрицы для предварительного и окончательного переходов. В итоге лучшее формообразование наблюдается при использовании на предварительном и окончательном переходах пуансонов с одинаковым углом конуса. При такой технологии не образуется «волна» металла, так как конусная стенка внутри заготовки не позволяет распространяться и образовывать зажим.

Исходя из данных результатов напряжённо-деформированного состояния и кинематики течения металла, полученные при моделировании, можно сказать, что для обеспечения размеров соответствующих чертежу «корпуса заряда» положение и геометрические размеры формообразующего инструмента должно соответствовать тем, что показанного на рис. 2 (а, б).

Проведен расчет технико-экономических показателей и их сравнение для процессов изготовления детали корпус заряда точением, горячей объемной и холодной объемной штамповкой. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица техпроцессов получения корпуса заряда

	Точение	Горячая штамповка	Холодная штамповка
КИМ	Низкий (менее 50 %)	Средний (менее 70 %)	Очень высокий (95 %)
Производительность при штамповке	–	Высокая	Высокая
Производительность при механообработке	Очень низкая	Средняя	высокая
Наличие фрезерных операций*	Да	Да	Нет
Общая производительность	Низкая	Средняя	Высокая
Механические характеристики	Низкие	Высокие	Высокие
Себестоимость	Высокая	Средняя	Низкая
Технологичность	Низкая	Средняя	Средняя
Стойкость штампового инструмента	–	Средняя	Высокая

\* В данной статье не описан техпроцесс получения паза в стержневой части заготовки.

## ВЫВОДЫ

Установлено, что существует большая часть деталей, используемых в различных машинах и механизмах, которые целесообразно получать холодной объемной штамповкой.

Проведено математическое моделирование процесса комбинированного выдавливания детали «корпус заряда» в программе QForm-2D. На основе математического моделирования установлена наилучшая форма инструмента для штамповки детали корпус заряда на

различных стадиях штамповки. Так определили, что лучшее формообразование наблюдается при использовании на предварительном и окончательном переходах пуансонов с одинаковым углом конуса.

Установлено, что при переходе на холодную объемную штамповку при производстве корпуса заряда возможно повысить КИМ на 40...60 %, улучшить механические характеристики и значительно снизить количество механообработки. Наглядное сравнение преимуществ производства детали «корпус заряда» способом холодной объемной штамповки приведено в табл. № 1.

При холодной штамповке происходит упрочнение материала, позволяющее произвести переход со стали 35 на сталь 10 без потери требуемых механических характеристик заготовки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Cold Forging of Hollow Cylindrical Components Having an Intermediate Flange – Ubet Analysis and Experiment* / Н. Kudo, В. Avitzur, Т. Yoshikai, J. Luksaza a.o. // *CIRP Annalen*. – 1980. – № 29. – Р. 129–133.
2. Алиев И. С. *Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания* / И. С. Алиев // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1990. – № 2. – С. 7–9.
3. Алиева Л. И. *Выдавливание втулок с фланцем* / Л. И. Алиева, Р. С. Борисов // *Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні* : зб. наук. пр. в 2-х ч. Ч.1. – Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2003. – С. 99–105.
4. Алиева Л. И. *Исследование процессов радиального выдавливания методом конечных элементов* / Л. И. Алиева, Я. Г. Жбанков П. Абхари // *Обработка металлов давлением : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 1 (20). – С. 19–24.
5. Алиев И. С. *Исследование силового режима процесса радиально-прямого выдавливания с обжатием* / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков // *Обработка металлов давлением : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21). – С. 22–28.
6. Миропольский Ю. А. *Особенности технологии холодной объемной штамповки на многопозиционных автоматах* / Ю. А. Миропольский, Ю. К. Филиппов, Н. Д. Павлов // *Машины и автоматизация кузнечно-штамповочного производства*. – ВЗМИ : М., 1988. – С. 159–165.
7. *Ковка и штамповка. Справочник. В 4-х томах. Т. 3. Холодная объемная штамповка* / Гл. ред. Семенов Е. И.; под ред. Г. А. Навроцкого. – М. : Машиностроение, 1987. – 384 с.
8. Игнатенко В. Н. *Совершенствование технологии комбинированного выдавливания полых деталей с фланцем с учетом изменения механических свойств* / В. Н. Игнатенко // *Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук*. – МАМИ, 2009.

Филиппов Ю. К. – д-р техн. наук, проф. МГТУ «МАМИ»;

Рагулин А. В. – канд. техн. наук МГТУ «МАМИ»;

Крутина Е. В. – канд. техн. наук МГТУ «МАМИ»;

Игнатенко В. Н. – канд. техн. наук МГТУ «МАМИ»;

Молодов А. В. – аспирант МГТУ «МАМИ»;

Тишкин И. А. – магистр МГТУ «МАМИ».

МГТУ «МАМИ» – Московский государственный технический университет «Московский автомеханический институт», г. Москва.

E-mail: tishkin-007@mail.ru